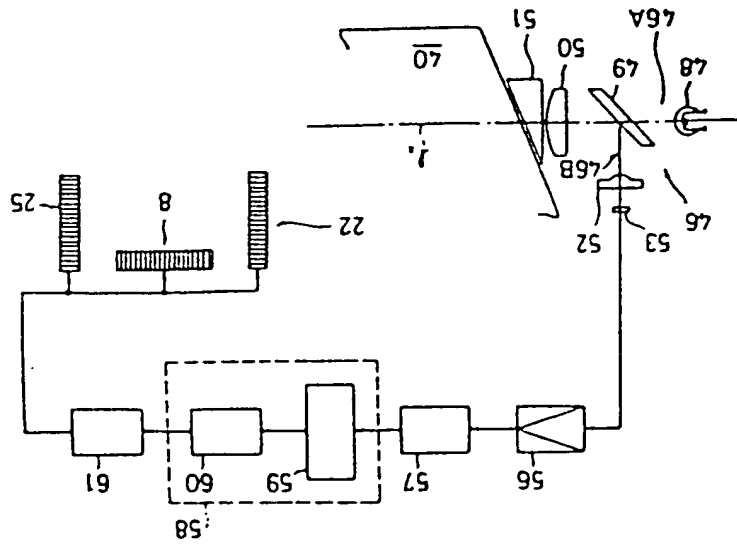


- (54) DEVICE FOR DETECTING EYE DIRECTION OF CAMERA  
(11) 2-5 (A) (43) 5.1.1990 (19) JP  
(21) Appl. No. 63-143259 (22) 10.6.1988 (33) JP (31) 87p.146067 (32) 11.6.1987(2)  
(71) ASAHI OPTICAL CO LTD (72) OSAMU SHINDO(1)  
(51) Int. Cl<sup>3</sup>. G02B7/28,A61B3/10

**PURPOSE:** To accomplish the detection of a photographer's eye direction by projecting an infrared ray on an eye, catching a reflected light from a first Purkinje image based on the mirror reflection of a cornea and the reflected light from an eyeground, and arithmetically operating a photoreceiving output.

**CONSTITUTION:** The infrared ray is projected from an infrared light source 48 on the photographer's eye which is positioned on the right side of the pentaprism 40 of the eye direction detecting device 46. Thereby, the first Purkinje image PI based on the mirror reflection of a cornea is formed. The reflected light from the Purkinje image and the reflected light from the eyeground are caught by means of a primary line sensor 53. The light receiving output of the sensor 53 is amplified by an amplifier 56 and a digital signal is converted by an analog digital converter 57. Then, the process of detecting the photographer's eye direction is performed by means of a microcomputer 58. Consequently, the eye direction can be detected, and the optical systems of plural focusing zones can be automatically selected and driven.



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-5

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)1月5日

G 02 B 7/28  
A 61 B 3/10

7403-2H G 02 B 7/11  
7033-4C A 61 B 3/10

N  
Z

審査請求 未請求 請求項の数 18 (全25頁)

⑮ 発明の名称 カメラの視線方向検出装置

⑯ 特 願 昭63-143259

⑰ 出 願 昭63(1988)6月10日

優先権主張 ⑱ 昭62(1987)6月11日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 昭62-146067

㉑ 昭62(1987)12月17日 ㉒ 日本(JP) ㉓ 特願 昭62-319337

㉔ 昭63(1988)5月20日 ㉕ 日本(JP) ㉖ 特願 昭63-123562

㉗ 発 明 者 進 藤 修 東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光学工業株式会社  
内

㉘ 発 明 者 藤 司 重 男 東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光学工業株式会社  
内

㉙ 出 願 人 旭光学工業株式会社 東京都板橋区前野町2丁目36番9号

㉚ 代 理 人 弁理士 西 脇 民雄

明 細 書

1. 発明の名称

カメラの視線方向検出装置

2. 特許請求の範囲

(1) 撮影者の眼に平行光束を導く送光系と、受光部を有しかつ前記眼の角膜前面反射に基づき第1ブルキンエ像を形成する反射光と前記眼の眼底からの反射光とを受光する受光系と、前記受光部の受光出力に基づき前記撮影者の眼の視線方向を検出するための処理回路と、

がカメラ本体に設けられていることを特徴とするカメラの視線方向検出装置。

(2) 前記送光系と前記受光系とは、ペンタプリズムを境に少なくともその一方がファインダールーベと反対側で前記カメラ本体に組み込まれていることを特徴とする請求項1に記載のカメラの視線方向検出装置。

(3) 前記平行光束が赤外光であることを特徴とする請求項1に記載のカメラの視線方向検出装置。

(4) 前記送光系は、ファインダールーベを介して

前記撮影者の眼に向けて平行光束として出射される赤外光を発生する赤外光源を有し、

前記受光系は、前記角膜前面反射に基づき第1ブルキンエ像を形成する反射光と前記眼の眼底からの反射光とを縮小して結像させる縮小レンズを有することを特徴とする請求項1に記載のカメラの視線方向検出装置。

(5) 前記縮小レンズは、少なくとも一方が非球面であり、前記受光系には、前記第1ブルキンエ像を形成する反射光を再結像させる再結像レンズが設けられ、該再結像レンズの曲率中心に位置させて開口が設けられると共に、前記縮小レンズの焦点が前記再結像レンズの曲率中心に位置されている請求項4に記載のカメラの視線方向検出装置。

(6) 前記カメラ本体には、ファインダーの視野内に複数個の合焦用ゾーンが設けられ、該合焦用ゾーンと略光学的に共役な位置に該合焦用ゾーンに対応するオートフォーカス光学系の合焦ゾーンが設けられ、前記処理回路は、前記ファインダーの各合焦用ゾーンのいずれかが選択されたこと

を自動的に感知することを特徴とする請求項1に記載のカメラの視線方向検出装置。

(7)前記処理回路は前記ファインダーの各合焦用ゾーンのうち、選択された合焦用ゾーンに対応するオートフォーカス光学系を駆動させる駆動回路に接続されていることを特徴とする請求項6に記載のカメラの視線方向検出装置。

(8)前記受光系は、角膜鏡面反射に基づき第1ブルキンエ像を形成する反射光を前記受光部に再結像させる再結像レンズを備え、前記受光部は前記複数個のオートフォーカス光学系の合焦ゾーンに対応させて配列された光電素子を有する一次元ラインセンサから構成され、前記再結像レンズと前記一次元ラインセンサとの間に開口を有するマスクが設けられ、前記再結像レンズが、前記一次元ラインセンサの光電素子の配列方向と直交する方向に長く延びる像を形成するシリンドリカルレンズであることを特徴とする請求項1に記載のカメラの視線方向検出装置。

(9)前記受光系は角膜鏡面反射に基づき第1ブル

カメラの視線方向検出装置。

(11)前記受光部は一次元ラインセンサから構成され、前記処理回路は前記一次元ラインセンサからの出力を、眼底からの反射光に対応する眼底反射光対応出力成分と第1ブルキンエ像を形成する反射光に対応する第1ブルキンエ像形成反射光対応出力成分とに分離する分離手段を備え、分離された眼底反射光対応出力成分の重心位置と第1ブルキンエ像形成反射光対応出力成分の重心位置とをそれぞれ求め、限の視線方向を検出することを特徴とする請求項1に記載のカメラの視線方向検出装置。

(12)前記受光系は角膜鏡面反射に基づき第1ブルキンエ像を形成する反射光を前記一次元ラインセンサに再結像させる再結像レンズを備え、前記処理回路は、該再結像レンズの光量分布特性に基づく周辺部入射光量の減少を補正する補正手段を備えていることを特徴とする請求項11に記載のカメラの視線方向検出装置。

(13)前記分離された眼底反射光対応出力成分と第

1ブルキンエ像を形成する反射光を前記受光部に再結像させる再結像レンズを備え、前記受光部は前記複数個のオートフォーカス光学系の合焦ゾーンに対応させて配列された光電素子を有する一次元ラインセンサから構成され、前記再結像レンズと前記一次元ラインセンサとの間に開口を有するマスクが設けられ、前記再結像レンズが、前記一次元ラインセンサの光電素子の配列方向と直交する方向に長く延びる像を形成するトーリックレンズであることを特徴とする請求項1に記載のカメラの視線方向検出装置。

(10)前記受光部は一次元ラインセンサからなり、前記処理回路は前記一次元ラインセンサからの出力を、一のスライスレベルで処理することによって瞳孔の周縁に対応する瞳孔周縁対応座標を求めると共に、他のスライスレベルで処理することにより第1ブルキンエ像に対応するブルキンエ像対応座標を求め、第1ブルキンエ像の中心座標と前記瞳孔の中心座標とを演算して、前記限の視線方向を検出することを特徴とする請求項1に記載の

1ブルキンエ像形成反射光対応出力成分とを、ビット反転させて、第1ブルキンエ像の位置と瞳孔の位置とを求めることを特徴とする請求項12に記載のカメラの視線方向検出装置。

(14)ファインダールーベを覗く限に向かって検出光を平行光束として出射する送光系と前記限の角膜鏡面反射に基づき虚像を形成する検出光を受光部に再結像させる受光系とを備え、前記ファインダールーベの前記限に臨まされる側に、前記送光系の光軸と前記受光系の光軸とを共軸とするための共軸形成用光学部材が設けられていることを特徴とするカメラの視線方向検出装置。

(15)前記受光系は：前記共軸形成用光学部材と前記受光部との間に、縮小レンズと再結像レンズとを備え、前記縮小レンズは少なくとも一面が非球面であることを特徴とする請求項14に記載のカメラの視線方向検出装置。

(16)前記共軸形成用光学部材は、可視領域の光を透過し、赤外領域の光に対して反射と透過の特性を有するミラーであることを特徴とする請求項14

に記載のカメラの視線方向検出装置。

(17)前記ミラーに代えて反射面を有するプリズムを用いることを特徴とする請求項16に記載のカメラの視線方向検出装置。

(18)前記プリズムは、前記眼に臨む透過面と前記反射面を挟んで対向されかつ前記ファインダーレベに臨む透過面とを備え、前記眼に臨む透過面が少なくとも前記共軸に対してわずかに傾いていることを特徴とする請求項17に記載のカメラの視線方向検出装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は、カメラの視線方向検出装置に関し、とりわけ、ファインダーの視野内に設けられた複数個の合焦用ゾーンと光学的に共役な位置にそのファインダーの各合焦用ゾーンに対応するオートフォーカス光学系の合焦用ゾーンを設け、そのファインダーの各合焦用ゾーンのいずれか一つを選択してその選択された合焦用ゾーンに対応するオートフォーカス光学系を用いて、その合焦用ゾ

きに、被写体2の像11がピントの合った状態で形成される。コンデンサレンズ4と絞りマスク5とは、撮影レンズ1の左右を通過する撮影光を2つの光束に分割する機能を有し、セパレータレンズ6、7は、コンデンサレンズ4を介して撮影レンズ1と光学的に共役な位置にある。

セパレータレンズ6、7は、第40図に模式的に示すように、水平方向に配置されている。このセパレータレンズ6、7は、後述するファインダーの中央合焦用ゾーンと光学的に共役な位置にある合焦用ゾーン12を介して撮影レンズ1の射出域13の仮想的な開口領域14、15を覗いている。セパレータレンズ6、7には、その開口領域14、15を通過した光束が取り込まれる。フィルム等価面10に形成された像11は、そのセパレータレンズ6、7によって、CCD8の2つの領域に像11'として再結像される。

この再結像された像11'の合焦時(第41図(a)参照)の像間隔に対応する信号Sの間隔を第42図に示すように $\Delta$ とする。ここで、第41図(b)に示す

ように重なって見える被写体に合焦を行なう自動合焦装置を有するカメラに好適の視線方向検出装置に関するものである。

#### (発明の背景)

従来から、カメラには、オートフォーカス光学系を備えたものがある。たとえば、第39図は、このオートフォーカス光学系を備えた一眼レフカメラの光学系の概略構成を示すもので、その第39図において、1は撮影レンズ、2は被写体、3は視野マスク、4はコンデンサレンズ、5は絞りマスク、6、7はセパレータレンズ、8は受光部としてのCCDである。ここで、視野マスク3、コンデンサレンズ4、絞りマスク5、セパレータレンズ6、7、CCD8は、一体にモジュール化されて、オートフォーカス光学系9を構成する。

このオートフォーカス光学系9は、視野マスク3がフィルム等価面10の近傍に設けられている。フィルム等価面10は、撮影レンズ1を介して被写体2と光学的に共役な位置にある。このフィルム等価面10には、撮影レンズ1が合焦状態にあると

ように合焦時に較べて、前側で撮影レンズ1のピントが合っているときには、第42図に示すように像間隔が狭まって、これに対応する信号Sの間隔が $\Delta$ よりも小さくなる。反対に、第41図(c)に示すように、合焦時に較べて後側で撮影レンズ1のピントが合っているときには、第42図に示すように、像間隔が広がって、これに対応する信号Sの間隔が $\Delta$ よりも大きくなる。この像間隔の変化は、撮影レンズ1のデフォーカス量に比例するので、従来の一眼レフカメラでは、そのCCD8の像間隔を検出し、これを演算処理して撮影レンズ1のデフォーカス方向とデフォーカス量とにより、撮影レンズ1を合焦位置に駆動させるようにしている。

そして、たとえば、第43図に示すように、ファインダー16の中央に設けられた中央合焦用ゾーン17に所望の被写体2が入るように構図を決め、ボタンを操作すると、デフォーカス方向とデフォーカス量とが自動的に演算され、被写体2にピントの合った撮影写真を得ることができる。

ところで、この種の一眼レフカメラでは、合焦用ゾーンがファインダー16の中央に設けられているので、このままでは、被写体2が写真中央に位置することになる。しかし、周辺に被写体2を配置した撮影写真を得たい場合もある。

従来の一眼レフカメラでは、これを考慮してフォーカスロック機構が設けられている。このフォーカスロック機構を用いれば、被写体2をファインダーの中央に位置させ、被写体2に撮影レンズを合焦させ、この状態でフォーカスロックを行ない、第44図に示すように、フレーミングを行なって撮影すれば、周辺部に所望の被写体2を配置した撮影写真を得ることができる。

ところが、この一眼レフカメラでは、構図を決め直して撮影を行なうという手順を踏むため、撮影に手間がかかりすぎる問題がある。

そこで、本件出願人は、周辺部に所望の被写体を配置した撮影写真を得るための撮影操作を迅速に行なうことのできる一眼レフカメラの自動測距装置を先に出願した(特願昭62-22561号)。

関係にある。セパレータレンズ20、21、セパレータレンズ23、24は、上下方向に配置され、図示を略すコンデンサレンズ4を介して撮影レンズ1の破線で示す射出瞳13と光学的に略共役であり、合焦用ゾーン28、29を介してその破線で示された射出瞳13の上下方向の開口領域30'、31'を覗いている。

このようにセパレータレンズ20、21、セパレータレンズ23、24を上下方向に配置したのは、撮影レンズ1を介して合焦用ゾーン28、29に入射する光束は、第30図に示すようにビネッティングの影響を受けて斜光束となり、合焦用ゾーン28、29から見た撮影レンズ1の破線で示す射出瞳13はビネッティングを受けて、偏平につぶれた形状となり、水平方向に開口領域30'、31'を設けると、セパレータレンズ20、21(セパレータレンズ20、21)のレンズ間の基線長を十分に確保することができず、レンズの性能に低下をきたして像間隔の検出精度が劣化するからである。

なお、その第27図において、 $\ell$ は撮影レンズ1

の先に出願に開示のものを、第27図～第30図を参照しつつ概略説明する。

第27図において、実線で示す13はオートフォーカス光学系9の合焦用ゾーン12から覗いた射出瞳である。この射出瞳13は第28図に示すように略円形である。一方、セパレータレンズ6、7から覗いた開口領域14、15は略楕円形である。

オートフォーカス光学系9の左右両側には、周辺部合焦用のオートフォーカス光学系18、19が設けられている。オートフォーカス光学系18は一对のセパレータレンズ20、21、CCD22を有し、オートフォーカス光学系19は一对のセパレータレンズ23、24、CCD25を有する。

ファインダー16の視野内には、第29図に示すように、その中央合焦用ゾーン17の左右両側に、周辺部合焦用のオートフォーカス光学系18、19に対応させて、周辺部合焦用ゾーン26、27が並べて設けられている。

この周辺部合焦用ゾーン26、27はオートフォーカス合焦用ゾーン28、29と光学的に略共役な位置

の光軸、 $\ell_1$ はオートフォーカス光学系18の中心光軸、 $\ell_2$ はオートフォーカス光学系19の中心光軸、中心光軸 $\ell_1$ 、 $\ell_2$ は実線で示された射出瞳13の中心O<sub>1</sub>、O<sub>2</sub>で交わっている。また、 $\ell_{11}$ はセパレータレンズ20の光軸、 $\ell_{12}$ はセパレータレンズ21の光軸、 $\ell_{21}$ はセパレータレンズ23の光軸、 $\ell_{22}$ はセパレータレンズ24の光軸であり、光軸 $\ell_{11}$ 、 $\ell_{12}$ は開口領域31'の中心O<sub>1</sub>、O<sub>2</sub>で交わっており、光軸 $\ell_{21}$ 、 $\ell_{22}$ は開口領域30'の中心O<sub>1</sub>、O<sub>2</sub>で交わっている。

このように、ファインダー16の視野内に複数個の合焦用ゾーンを設けると共に、その複数個の合焦用ゾーンと光学的に略共役な位置にファインダー16の各合焦用ゾーンに対応するオートフォーカス光学系の合焦用ゾーンを設け、撮影者の意図する合焦用ゾーン(第29図参照)に対応するCCDを駆動させるために、ボタン操作によりその意図する合焦用ゾーンを選択するようにすれば、その選択された合焦用ゾーンに対応するオートフォーカス光学系を用いて、その選択された合焦用ゾーンを

通じて見える被写体2に撮影レンズを自動的に合焦させることができることになる。

よって、この一眼レフカメラを用いれば、構図を決めるためにフォーカスロックを行なう煩わしさを解消できる。

(発明が解決しようとする課題)

ところで、せっかく、そのファインダー16の視野内に複数個の合焦用ゾーン17、26、27を設けると共に、その複数個の合焦用ゾーン17、26、27と光学的に略共役な位置にファインダー16の各合焦用ゾーン17、26、27に対応するオートフォーカス光学系の合焦用ゾーン9、18、19を設けたのであるから、そのファインダー16の視野内の複数個の合焦用ゾーンのうちのいずれかが選択されたことを自動的に検出できるようにすれば、ファインダー16の視野内に設けられた複数個の合焦用ゾーン17、26、27のうちの一つを手動により選択する煩わしさも解消することができ、カメラとしてより一層便利なものとなる。

本発明は、上記の事情に鑑みて為されたもので、

キンエ像を形成する反射光と前記眼の眼底からの反射光とを受光する受光系と、前記受光部の受光出力に基づき前記撮影者の眼の視線方向を検出するための処理回路とがカメラ本体に設けられているところにある。

本発明に係るカメラの視線検出装置の他の特徴は、カメラ本体のファインダーの視野内に複数個の合焦用ゾーンを設けると共に、この合焦用ゾーンと略光学的に共役な位置にこの合焦用ゾーンに対応するオートフォーカス光学系の合焦ゾーンを設け、処理回路に、そのファインダーの各合焦用ゾーンのいずれかが選択されたことを自動的に感知させる構成としたところにある。

本発明に係るカメラの視線検出装置のさらなる特徴は、受光部が一次元ラインセンサから構成され、処理回路がその一次元ラインセンサからの出力を眼底からの反射光に対応する眼底反射光対応出力成分と第1ブルキンエ像を形成する反射光に対応する第1ブルキンエ像形成反射光対応出力成分とに分離する分離手段を備え、分離された眼底

本発明の第1の目的は、撮影者の眼の視線方向を検出するカメラの視線方向検出装置を提供することにある。

本発明の第2の目的は、ファインダーの視野内に設けられた複数個の合焦用ゾーンと光学的に略共役な位置にそのファインダーの各合焦用ゾーンに対応するオートフォーカス光学系の合焦用ゾーンを設け、そのファインダーの各合焦用ゾーンのいずれか一つを選択してその選択された合焦用ゾーンに対応するオートフォーカス光学系を用いて、その合焦用ゾーンに重なって見える被写体に合焦を行なう自動合焦装置を有するカメラに好適のカメラの視線方向検出装置を提供することにある。

本発明の第3の目的は、一次元ラインセンサを用いて撮影者の眼の視線方向を検出するカメラの視線方向検出装置を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

本発明に係るカメラの視線検出装置の特徴は、撮影者の眼に平行光束を導く送光系と、受光部を有しかつ前記眼の角膜後面反射に基づき第1ブル

反射光対応出力成分の重心位置と第1ブルキンエ像形成反射光対応出力成分の重心位置とをそれぞれ求め、眼の視線方向を検出するところにある。

その他の特徴は、本件発明の明細書から明らかとなるであろう。

(発明の原理)

まず、実施例の説明前に、本発明の原理を説明する。

視線方向を検出する検出方法は、たとえば、池田光男著の「視覚の心理物理学」に記載されているが、カメラに適用する場合、撮影者の眼の平行移動は検出しないようにしなければならない。というのは、眼の視線方向の検出と共にその眼の平行移動を検出するもの場合には、眼の平行移動による視線方向の情報が角度方向の情報に重なり、撮影者がいずれの合焦用ゾーンを注視しているかを区別することができないからである。

あえて、平行移動も検出できる視線方向検出光学系を採用するものとする、カメラのファインダーの光軸と撮影者の眼球の回旋中心との相対距

離を一定にしておかなければならないが、これは、手持ち式のカメラが一般的であることに鑑みると、眼がファインダー16に対して相対的に左右にふれるため、事実上不可能である。

角度方向のみの視線を検出する視線方向検出光学系としては、たとえば、1974年のOptical Engineering誌の7/8月号VOL.13, NO.4, P.339~P.342に、'Fixation Point Measurement by the Oculometer Technique'に紹介されているものがある。

このものに紹介されている視線方向検出光学系の原理は、第22図に示すように、凸面鏡30に光軸 $L_0$ に平行な平行光束Pを照射すると、光学的に無限大の距離にある光源の像は、凸面鏡30の曲率中心Rと光軸 $L_0$ が鏡面に交わる光点Kとの間の中点Qに光点として生じる。ここで、第23図に示すように人眼31の角膜32に光軸 $L_0$ に平行な平行光束Pを照射した場合にも、光学的に無限大の距離にある光源の像が角膜32の曲率中心Rと角膜頂点K'との間の中点Qに光点として生じる(この

光点を第1ブルキンエ像PIという)。なお、符号33は虹彩、34は瞳孔の中心、 $S_0$ 'は眼球の旋回中心である。

角膜32を照明する光束Pの光軸 $L_0$ と人眼の視線方向を示す視線 $L_0$ 'とが一致しているときに、瞳孔の中心34、第1ブルキンエ像PI、角膜32の曲率中心R、眼球の回転中心 $S_0$ 'は光軸 $L_0$ 上にある。カメラについて考えると、ファインダーの光軸 $L_0$ 上に眼球の回転中心 $S_0$ 'があるものとして、眼球を回転中心 $S_0$ 'を中心に左右方向に回転させたとする。すると、第24図に示すように、瞳孔の中心34と第1ブルキンエ像PIとの間に相対的なずれが生じる。

また、仮りに、光軸 $L_0$ に対して角度 $\theta$ だけ眼を回転させ、瞳孔の中心34から角膜32に垂直に入射する光線P'に下ろした垂線の長さをdとする。

$$d = k_1 \cdot \sin \theta \quad \dots \dots \textcircled{1}$$

ここで、 $k_1$ は瞳孔の中心34から角膜32の曲率中心Rまでの距離であり、個人差があるが、アメ

リカ合衆国の国防省編纂によるMIL-HDBK-141(OPTICAL DESIGN)によれば、約4.5mmである。なお、符号Hは瞳孔の中心34から角膜32に垂直に入射する光線P'に下ろした垂線とその光線P'との交点を示す。

上記①式から明らかなように、距離 $k_1$ が既知であるので、長さdを求めれば、回転角 $\theta$ を求めることができる。

ここで、交点Hと第1ブルキンエ像PIとが光線P'上にあるものであるという点に鑑みると、角膜32に向けて平行光束Pを照射し、角膜32からの鏡面反射光のうち、入射光束と平行な方向に反射して戻ってくる光線P''を検出し、瞳孔の中心34と第1ブルキンエ像PIとの関係を求めれば、眼の回転角 $\theta$ を知ることができる。

そこで、平行光束Pを眼に投影し、第25図、第26図に示すように、眼底からの反射光に基づきシルエットとして浮かび上がった瞳孔の周縁34'と、第1ブルキンエ像PIとを受光素子(たとえば、一次元ラインセンサ)に結像させると、その受光素

子上での受光出力は、第1ブルキンエ像PIに対応する箇所にピークを有し、眼底からの反射光に対応する箇所が台形状となる。よって、スライスレベル $L_1$ により瞳孔の周縁34'、34'に対応する瞳孔周縁対応座標 $i_1$ 、 $i_1$ を求めると共に、スライスレベル $L_1$ により第1ブルキンエ像PIに対応する第1ブルキンエ像対応座標 $PI_1$ 、 $PI_1$ を求めて、下記の式②、式③により瞳孔の中心34に対応する中心座標 $i'$ と中心座標 $PI'$ との差

$$d' = PI' - i'$$

を演算する。ここで検出光学系の倍率をmとすると、距離dは以下に示す④式から求められる。

$$i' = (i_1 + i_1) / 2 \quad \dots \dots \textcircled{2}$$

$$PI' = (PI_1 + PI_1) / 2 \quad \dots \dots \textcircled{3}$$

$$d = d' / m \quad \dots \dots \textcircled{4}$$

したがって、このような処理回路を備えた視線方向検出装置を用いれば、ファインダー16に設けられた複数個の合焦用ゾーンのうちのいずれを注視しているか否かを自動的に選択できることになる。

## (実施例)

以下に、本発明に係るカメラの視線方向検出装置の実施例を図面を参照しつつ説明する。

第1図において、40はカメラに組み込まれているペンタプリズム、41はクイックリターンミラー、42はビント板、43はコンデンサレンズ、44はファインダールーペ、45は撮影者の眼、 $\mathbb{L}$ は前述のファインダー光学系の光軸である。ここで、ファインダールーペ44は、レンズ44a、44bから構成されている。

カメラ本体には、ペンタプリズム40を境にファインダールーペと反対側に、ファインダー16を覗く撮影者の眼45の視線方向を検出する視線方向検出装置46が組み込まれている。第1図には、その視線方向検出装置46の枠体47が示されている。視線方向検出装置46は送光系46Aと受光系46Bとを有する。送光系46Aは第2図、第3図に示すように、赤外光を発生する赤外光源（たとえば、赤外発光ダイオード）48を有する。この赤外光は、ハーフミラー49、縮小レンズ50、コンベンセータプ

タプリズム40、コンベンセータプリズム51、縮小レンズ50を介してハーフミラー49に導かれ、そのハーフミラー49によって再結像レンズ52に導かれ、その再結像レンズ52によって受光素子としての一次元ラインセンサ（たとえば、CCD）53に結像される。結像レンズ52には、第4図に示すように、マスク54が設けられ、そのマスク54には開口55が設けられ、その開口55の中心は再結像レンズ52の曲率中心Yに位置する。ここで、開口55の直径は約0.2mmである。

撮影者の眼45は、通常、アイポイントに置かれるものとして、一次元ラインセンサ53とその撮影者の眼45の瞳孔とは、第5図に模式的に示すように、ファインダールーペ44、縮小レンズ50、再結像レンズ52を介して光学的に共役な位置関係にあるものとされている。一次元ラインセンサ53には、第1ブルキンエ像PIと共に、眼底からの反射光により瞳孔の周縁34'がシルエットとして形成される。そこで、第3図に示すように、この一次元ラインセンサ53の受光出力を増幅器56により増幅し、

リズム51、ペンタプリズム40、ファインダールーペ44を介して平行光束として撮影者の眼45に照射される。これによって、角膜32の顔面反射に基づく第1ブルキンエ像PIが形成される。

ここで、赤外光を用いたのは、撮影者に視線方向検出装置46の光学系の照明に基づくまぶしさを与えないように配慮したのである。一方、縮小レンズ50を用いることにしたのは、以下の理由からである。

まず、視線方向検出装置46の光学系の光路長を極力短かくしてカメラにコンパクトに組み込めるようにしたからである。次に、光軸 $\mathbb{L}$ に平行な赤外反射光のみを用いるので、眼45からの反射光量が少ないと考えられ、後述する受光部としての一次元ラインセンサの受光面のできるだけ狭い面積に反射光を結像させ、受光素子の受光面での感度を高くするようにすることも配慮したからである。

その眼45の角膜32からの反射光のうち、入射光束と平行な光束は、ファインダールーペ44、ペン

タプリズム40、コンベンセータプリズム51、縮小レンズ50を介してハーフミラー49に導かれ、そのハーフミラー49によって再結像レンズ52に導かれ、その再結像レンズ52によって受光素子としての一次元ラインセンサ（たとえば、CCD）53に結像される。結像レンズ52には、第4図に示すように、マスク54が設けられ、そのマスク54には開口55が設けられ、その開口55の中心は再結像レンズ52の曲率中心Yに位置する。ここで、開口55の直径は約0.2mmである。

そのメモリ59には距離 $k_1$ が情報として記録されている。この距離 $k_1$ の情報と受光出力の情報とを演算回路60に呼び出し、①～④式に基づき演算し、回旋角 $\theta$ を求め、この回旋角 $\theta$ からいずれの合焦用ゾーンが選択されたかを意味する選択信号を駆動回路61に出力させる。

そして、その駆動回路61によってその選択された合焦用ゾーンに対応するオートフォーカス光学系のCCDを駆動させると、撮影者の意図する合焦用ゾーンを通じて見える被写体に撮影レンズを自動的に合焦させることができる。

ところで、第29図に示すように、ファインダー16の視野中心 $O_0$ （フォーカシングスクリーン中心）から左右の合焦用ゾーン $O_1$ 、 $O_2$ までの距離（像高さ）を $y$ とし、ファインダールーペ44の焦点距離を $f$ とすると、

$$y = f \cdot \tan \theta \quad \dots \dots \textcircled{5}$$



上記の⑥式に⑦式を代入すると、

$$y = f \cdot d / (K_1 \cdot \cos \theta) \cdots \cdots ⑧$$

すなわち、 $y$  は  $d / (K_1 \cdot \cos \theta)$  に比例する。

これは、一次元ラインセンサ53に形成された像のディストーションをなくしたとしても、 $d$  の値から  $y$  の値を線形には求め得ないこと、つまり、非線形性の存在を意味する。

35mmカメラの場合、ピネッティング等のために、複数個の合焦用ゾーンの像高さ  $y$  は、大きくても6mm～9mmであると考えられる。

ここで、視線方向検出装置46の光学系が瞳孔の像を非線形性のあるままで、後方の一次元ラインセンサ53に伝達するものとし、かつ、その一次元ラインセンサ53で検出された長さ  $d$  が像高さ  $y$  に比例するものと仮定すると、実際の長さ  $d$  よりもその長さが0.7%～1.6%だけ長い方に検出されるのみで、合焦用ゾーンの選択には支障はないが、視線方向検出装置46の光学系の精度を向上させる観点からは、非線形性のない方が好ましい。

このような場合には、マイクロコンピュータで

曲率半径は凸の-25.500mm、レンズ44aの屈折率は1.69105とする。そして、光軸  $Z_0$  上でのレンズ44aとレンズ44bの間隔は3.01mmとする。また、レンズ44bの中心厚は4.10mm、レンズ44bのレンズ44aに臨む側の面の曲率半径は凹の-23.860mm、レンズ44bのペンタプリズム40の臨む側の面の曲率半径は凸の-48.140mm、レンズ44bの屈折率は1.79175とする。また、ペンタプリズム40の面40aとレンズ44bとの間隔は3.21mmとし、ペンタプリズム40の面40aから面40bまでの光軸  $Z_0$  上における長さは、28.00mm、各面40a、40bの曲率半径は $\infty$ 、ペンタプリズム40の屈折率は1.51260とする。

次に、コンベンセータプリズム51の面51aとペンタプリズム40の面40bとの間隔は0.10mmに設定し、コンベンセータプリズム51の面51bと縮小レンズ50の面50aとの間隔も0.10mmに設定する。なお、コンベンセータプリズム51の面51bと面51aとの光軸  $Z_0$  上における長さは、2.00mm、各面51a、51bの曲率半径は $\infty$ 、そのコンベンセータプリズム51の屈折率は1.51260とする。

補正が可能である。しかし、光学系自体に、ディストーションが存在すると、測定が不正確となるので、少なくとも光学系のディストーションをなくす必要はある。

そこで、縮小レンズ50の球面収差を小さくするために、ファインダールーベ44に近い側の面50aを非球面とし、かつ、再結像レンズ52の曲率中心  $Y$  に縮小レンズ50の焦点を位置させる。このように縮小レンズ50を非球面とし、かつ、再結像レンズ52の曲率中心  $Y$  に縮小レンズ50の焦点を位置させると、開口55が再結像レンズ52の曲率中心  $Y$  に位置されていることと相まってディストーションの少ない光学系を実現でき、視線方向検出装置46の光学系としてより一層好ましいものとなる。

次に、このような視線方向検出装置46の光学系の設計の一例を以下に説明する。

まず、レンズ44aからアイポイントまでの間隔を14.7mmとし、レンズ44aの中心厚は4.98mm、レンズ44aのアイポイント側の面の曲率半径は凸の181.168mm、レンズ44aのレンズ44bに臨む側の面の

縮小レンズ50は面50aの曲率半径を凸の12.690mm(ただし、 $k_2 = -3.00$ )とし、その中心厚さは2.00mmに設計し、その屈折率は1.48716とする。なお、縮小レンズ50の他側の面50bの曲率半径は凸の-200.000mmであり、再結像レンズ52とその面50bとの間隔は11.48mmに設定されている。

再結像レンズ52の面52aの曲率半径は凸の1.520mm、面52bの曲率半径は $\infty$ 、その再結像レンズ52の中心厚さは1.52mmとし、屈折率は縮小レンズ50と同じ1.48716のものをを用いる。直径0.2mmの開口55を有するマスク54は面52bに貼り付けてあるから、そのマスク54と面52bの間隔は0mmであり、マスク54の厚さは0.04mmとし、マスク54から受光素子53の受光面までの間隔は1.46mmとした。なお、マスク54、受光素子53の受光面の曲率半径は $\infty$ 、各光学素子の間には空気が介在しているものとする。

また、 $k_2$  は非球面係数を示しており、サグ量  $X$  との間には以下の式で示す関係がある。

$$X = h^2 c / (1 + \sqrt{1 - (k_2 + 1) h^2 c^2})$$

ここで、 $h$ は光軸 $1_1$ からの高さを示しており、 $c$ は縮小レンズ50の曲率半径の逆数である。

縮小レンズ50を非球面としない場合には、第6図に示すように球面収差が生じ、第7図に示すようなディストーションがあるが、上記のように設計された視線方向検出光学系を用いると、第8図に示すように球面収差が改善され、これに伴って第9図に示すようにディストーションが改善される。

なお、この実施例において、ファインダー16の視野内に各合焦用ゾーン17、26、27に対応するLEDをそれぞれ設け、選択された合焦用ゾーンに対応するLEDを点滅表示させ、撮影者の意図する合焦用ゾーンであるか否かを確認させる構成とすることもできる。また、この実施例においては、ファインダー16の視野内に3個の合焦用ゾーンがある場合について説明したが、2個以上であれば、本発明が成立することを容易に理解できるであろう。

さらに、この実施例においては、送光系46Aと

受光系46Bとをペンタプリズム40を境にファインダールーペ44と反対側に組み込む構成としたが、送光系46Aと受光系46Bとのいずれか一方を、ペンタプリズム40を境にファインダールーペ44と同じ側に設ける構成とすることもできる。これについては、後述する。

次に、本発明に係る視線方向検出装置46の他の実施例を第10図～第13図を参照しつつ説明する。

受光部には、二次元の固体撮像素子を用いることもできる。ところが、この場合、固体撮像素子の配列が二次元であるため、固体撮像素子を走査する走査処理時間が長くなることが予想され、かつ、コスト高ともなる。ところで、複数の合焦用ゾーン17、26、27の中心 $O_1$ 、 $O_2$ 、 $O_3$ が第9図に示すように直線的に並ぶものにあつては、その合焦用ゾーン17、26、27の中心 $O_1$ 、 $O_2$ 、 $O_3$ が並ぶ方向と対応する方向に光電素子が配列された一次元ラインセンサを用いることが考えられる。ところが、このような一次元ラインセンサを用いると、以下に説明するような問題がある。

第12図、第13図はこの問題を説明するための図であつて、第12図において、100はファインダールーペ、101は再結像レンズ、102は一次元ラインセンサである。この図に示すように、視線方向検出装置46の光学系の光軸 $1_1$ 、即ち、ファインダールーペ100の光軸 $1_2$ と人眼31の視線 $1_3$ とが一致しているときには、瞳孔のシルエット（周縁）としての瞳孔像34a、第1ブルキンエ像PIが、一次元ラインセンサ102上に形成されるので正常に視線方向の検出を行なうことができる。ところが、カメラ本体に対して人眼31が上下方向に動いた場合には、第13図に示すようにシルエットとしての瞳孔像34a、第1ブルキンエ像PIが一次元ラインセンサ102から外れてしまつて、視線方向検出を正常に行なうことができない不都合を生じる。

そこで、第10図に示すように、再結像レンズ52に、たとえばシリコンドリカルレンズを用いる。このシリコンドリカルレンズの平坦面側には、第4図に示すと同様の構成のマスク54が設けられている。そのマスク54には開口55が設けられ、その開

口55の中心は再結像レンズ52の曲率中心Yに位置している。ここで、開口55は矩形上のスリット孔とされ、そのスリット孔の延びる方向は一次元ラインセンサ53の光電素子53aの配列方向と直交している。再結像レンズ52はその曲面を構成する側がファインダールーペ44の側に設けられている。

このように、一次元ラインセンサ53の光電素子53aが複数のオートフォーカス光学系の合焦用ゾーンに対応させて配列されているものにあつては、この再結像レンズ52にシリンドリカルレンズを用いて一次元ラインセンサ53の配列方向と直交する方向に縦長の第1ブルキンエ像PIとシルエットとしての瞳孔像34aとを一次元ラインセンサ53を含む平面上に形成するように配置してあるので、第11図に示すように、眼45がカメラ本体に対して上下方向に移動したとしても、それらの各像PI、34aの一部が一次元ラインセンサ53上に少なくとも形成されていることになる。また、マスク54の開口55も一次元ラインセンサ53の光電素子53aの配列方向と直交する方向に長く延びるスリット孔

としたので、一次元ラインセンサ53を含む面上に形成される瞳孔像34、第1ブルキンエ像PIが配列方向と直交する方向により一層縦長となり、確実に視線方向の検出を行なうことができる。

なお、この実施例では、再結像レンズ52にシリンドリカルレンズを用いてあるが、トーリックレンズを用いることもできる。

次に、本発明に係る視線方向検出装置46の処理回路の他の例について説明する。

カメラ本体に視線方向検出装置46の光学系を組み込むこと、コストアップを極力避けることに鑑みれば、その光学系が極力単純であることが望ましく、再結像レンズ52に関していえば、単レンズであることが好ましい。

ところが、このような再結像レンズ52を用いた場合、一様な光量分布の光をその再結像レンズ52に入射させると、第14図に模式的に示すように、一次元ラインセンサ53の受光面上に結像される光の光量が周辺部で減衰する。その第14図において、二点鎖線G、は光量減衰がないとした場合の光量

分布を示しており、破線G、は光量減衰がある場合の光量分布を示し、 $\ell$ は前記と同様に視線方向検出装置46の光学系の光軸を示している。

このような光量減衰がある状態で、一次元ラインセンサ53の出力に基づき光量分布の重心位置を求めることにすると、求めた重心位置が実際の重心位置からずれるおそれがあり、その求めた重心位置を用いて視線方向を演算により決定することにした場合、実際の視線方向との間に誤差を生じる。

区別すべき視線方向の角度が大きく離れている場合には、この光量減衰に基づく誤差を許容できるが、区別すべき視線方向の角度が小さくなるに伴って、光量減衰に基づく誤差を無視できなくなる。これに限らず、光量減衰に基づく誤差が除去できるものであるならば、できるだけこれを取り除く方が、演算処理により視線方向を検出するうえで好ましい。

そこで、この処理回路では、あらかじめ、光量減衰を求めて光量補正値を後述するROMに記憶

させる手段を講じている。

すなわち、光量減衰のある光量分布に対応する一次元ラインセンサ53の出力分布は第14図に符号G、で示すようなものとなる。ここで、符号 $i$ は $i$ 番目の光電素子53aを意味し、 $j$ は $j$ 番目の光電素子53aを意味し、 $X_i$ は $i$ 番目の光電素子53aの出力、 $X_j$ は $j$ 番目の光電素子53aの出力を示している。今、 $j$ 番目の光電素子53aは光軸 $\ell$ 上にあるものとする。すなわち、この $j$ 番目の光電素子53aは $a$ 番地と $b$ 番地との中央の番地であるとする。この場合、 $j$ 番目の光電素子53aの出力は最大であると予想できる。

そこで、 $a$ 番地の光電素子53aから $b$ 番地の光電素子53aまでの各出力を求め、補正係数 $H_i$ を求める。

この補正係数 $H_i$ と出力 $X_i$ と出力 $X_j$ との間には、以下の関係式がある。

$$H_i \cdot X_i = X_j \quad \dots \textcircled{5}$$

そして、この補正係数 $H_i$ を正規化するために $X_j$ で割って補正値 $H_i'$ を求め、第15図に示す処

理回路のROMに記憶させておく。

$$H_i' = H_i / X_j \quad \dots \textcircled{6}$$

このように正規化した補正値 $H_i'$ を、実際に得られた各番地( $a$ 番地から $b$ 番地まで)の光電素子53aの出力に乗算して補正すれば、符号G、に示すように、減衰のある光量分布に対応する出力分布が補正される。つまり、一様な光に対して、再結像レンズ52の周辺部の影響に基づく光量減衰を補正した一様な出力分布G、が得られることになる。

さらに、補正値として、ファインダールーペ44から平行な一様光を入射させたときに得られる光量分布に基づく補正値を用いることにし、これを書き込み書き換え可能なEEPROMに記憶させておけば、再結像レンズ52以外の光学系の光学要素を含めたうえでの光量分布に基づく誤差、一次元ラインセンサ53それ自体の各光電素子53aの感度のバラツキを含めたうえでの補正を行なうことができる。よって、このような補正を行なうことにすれば、一次元ラインセンサ53それ自体の光特性に因

する規格を緩めることが可能となり、歩留まりの向上に基づくコストダウンを図ることができる。

ところで、角膜鏡面反射に基づき第1ブルキンエ像PIを形成する光量分布の重心位置と眼底からの反射光の光量分布重心位置とをそれぞれ求めるためには、一次元ラインセンサ53の出力を、眼底反射光に対応する眼底反射光対応出力成分と第1ブルキンエ像PIに対応する第1ブルキンエ像形成反射光対応出力成分とに分離する必要がある。

というのは、実際の光量分布は、第16図に実線G<sub>1</sub>で示すようなものとなり、眼底反射光対応出力成分G<sub>1</sub>と第1ブルキンエ像形成反射光対応出力成分G<sub>2</sub>とに分離せず処理するものとする。この両者を含んだ重心位置（座標又は番地）が求められることになり、瞳孔の中心34と第1ブルキンエ像PIの中心とが求められないからである。

この場合に、眼底反射光対応出力成分G<sub>1</sub>と第1ブルキンエ像形成反射光対応出力成分G<sub>2</sub>とを極力正確に分離するようにするためには、スライスレベルSLをその境目付近に設定する必要がある。

大きいときには、出現頻度レジスタR<sub>1</sub>の内容は「10000010」となる。

そこで、出現頻度レジスタR<sub>1</sub>～R<sub>8</sub>の上位3ビットに着目し、上位3ビットの内容のデータが少なくとも「1」を含むとき、その出現頻度レジスタR<sub>1</sub>～R<sub>8</sub>から「+1」を出力させる。そして、各番地(i=aからbまで)の光電素子53aの出力が入力され、上位3ビットの内容が「1」を含むたびに、各出現頻度レジスタR<sub>1</sub>～R<sub>8</sub>の出力をインクリメントカウントする。なお、上位3ビットの内容が「1」を含まないときには、インクリメントカウントしない。このように、各番地の光電素子53aの出力のたびに、出現頻度レジスタR<sub>1</sub>～R<sub>8</sub>をインクリメントカウントすると、この模式的に示す出力分布の場合には、ゾーンレベルZN<sub>1</sub>とゾーンレベルZN<sub>8</sub>との間に出力レベルがある光電素子53aの個数が最も多いから、出現頻度レジスタR<sub>1</sub>のインクリメントカウント個数が最大となることが予想される。

そこで、全ての番地の光電素子53aの出力分布

このために、複数のゾーンレベルZNを設け、光電変換素子53aの出力頻度を調べる。

ここでは、このゾーンレベルZNを第17図に示すように8個とする。なお、この8個のゾーンレベルZNを符号ZN<sub>1</sub>～ZN<sub>8</sub>を用いて示す。

そして、その光電変換素子53aの出力頻度を調べるために、8個のゾーンレベルZN<sub>1</sub>～ZN<sub>8</sub>に対応させて、8個の出現頻度レジスタR<sub>1</sub>～R<sub>8</sub>を準備する。なお、この出現頻度レジスタR<sub>1</sub>～R<sub>8</sub>のビット数は8とする。そして、この出現頻度レジスタR<sub>1</sub>～R<sub>8</sub>にa番地からb番地までの各光電素子53aの出力を順次入力させる。たとえば、a番地の出力は、「0」であるから、全ての出現頻度レジスタの内容は「0」である。今、i番地の光電変換素子53aの出力が、「2<sup>3</sup>」に対応する出力であるときには、出現頻度レジスタR<sub>1</sub>の内容が「00000010」となり、他の出現頻度レジスタの内容は「0」である。また、たとえば、i+1番地の光電素子53aの出力がi番地の光電変換素子53aの出力「2<sup>3</sup>」よりも1ビットに相当する分だけ

について、インクリメントカウント後、出現頻度レジスタR<sub>1</sub>～R<sub>8</sub>のインクリメントカウント数が最大となったか否かを判定する。そして、そのインクリメントカウント数が最大となった出現頻度レジスタR<sub>1</sub>～R<sub>8</sub>に対応するゾーンレベルZNをスライスレベルSLとして決定する。このスライスレベルSLを用いれば、眼底反射光対応出力成分G<sub>1</sub>と第1ブルキンエ像形成反射光出力成分G<sub>2</sub>とを分離することができる。

ここで、ゾーンレベルZN<sub>1</sub>～ZN<sub>8</sub>の幅は、眼底からの反射に基づくノイズレベルに応じて決めるもので、このノイズレベルの成分はローパスフィルタを通して除去できるが、ゾーンレベルZN<sub>1</sub>～ZN<sub>8</sub>をオーバーラップさせるというソフトウェア処理によっても行なうことができる。

たとえば、第18図に示すように、隣接する出現頻度レジスタR<sub>1</sub>～R<sub>8</sub>のインクリメントカウント数の和をとり、その和が最大である出現頻度レジスタR<sub>1</sub>～R<sub>8</sub>を判定する。この第18図に示す例では、出現頻度レジスタR<sub>1</sub>と出現頻度レジスタR<sub>2</sub>、

との和が最大であるので、出現頻度レジスタR<sub>1</sub>のインクリメントカウンタ数が最大であると判定される。

なお、眼底反射光対応出力成分G<sub>1</sub>のうち最も出現頻度の多い出力成分は中間レベルであるので、スライスレベルSL<sub>1</sub>の決定に関し、ゾーンレベルZN<sub>1</sub>、ZN<sub>2</sub>に対応する出現頻度レジスタR<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>は当初から除いて考える。

このようにして、出現頻度レジスタR<sub>1</sub>に対応するゾーンレベルZN<sub>1</sub>を求めることができたとする。ここで、その出現頻度レジスタR<sub>1</sub>の内容が、「00000001」以上のときを第1ブルキンエ像形成反射光対応出力成分G<sub>1</sub>、「00000110」以下のときを、眼底反射光対応出力成分G<sub>2</sub>とあらかじめ決めておく。

このようにすれば、その出現頻度レジスタR<sub>1</sub>の内容に基づき、第16図に示すようにスライスレベルSL<sub>1</sub>、SL<sub>2</sub>を、眼底反射光対応出力成分G<sub>1</sub>と第1ブルキンエ像形成反射光対応出力成分G<sub>2</sub>との境目近傍で設定できることになる。

に示すように、重畳関数W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub>を用いて、重畳関数W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub>の出力に対応する像分離出力のコンボリューション（たたみこみ積分）をとった後にこれを積分する。たとえば、第20図(c)、第20図(d)に示す像分離出力G<sub>1</sub>と重畳関数W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub>とのコンボリューションをとり、乗算出力C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>を得る。そして、この乗算出力C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>を積分して積分値S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>を得る。

すると、重心位置Xは、原点Oからの距離をS<sub>1</sub>として、

$$X = S_1 \cdot \{ (S_1 - S_2) / (S_1 + S_2 + 1) \} \times 1/2$$

として求められる。

この方法は、コンボリューションをとるために、各ビット毎の乗算が必要である。近時は、マイクロコンピュータにも乗算機能を有するものが一般化してきているので、この方法により重心位置を求めることができる。

しかし、ソフトウェアでこの重心位置Xを求めることにすると、演算に時間がかかりすぎる不利な面がある。

このようにして、スライスレベルSL<sub>1</sub>、SL<sub>2</sub>を決定し、第16図に示す光量分布特性に対応する出力成分をスライスして像分離処理を行なうと、第19図に示す分離出力が得られる。この第19図において、実線G<sub>1</sub>は眼底反射光対応分離出力を示し、実線G<sub>2</sub>は第1ブルキンエ像形成反射光対応分離出力を示している。ここで、眼底反射光対応分離出力G<sub>1</sub>は台形となっているが、これは、一次元ラインセンサ53の出力を、眼底反射光対応分離出力G<sub>1</sub>と第1ブルキンエ像形成反射光対応分離出力G<sub>2</sub>とに分離する前に、前述の補正処理を行なったからである。よって、眼底反射光対応分離出力G<sub>1</sub>の重心位置をX<sub>1</sub>、第1ブルキンエ像形成反射光対応分離出力G<sub>2</sub>の重心位置をX<sub>2</sub>とすると、瞳孔の中心34から第1ブルキンエ像までの距離d'は、d' = X<sub>1</sub> - X<sub>2</sub>として求められる。

重心位置を求めるための演算アルゴリズムとしては、PSD（ポジションセンサーダイオード）の出力を、ソフトウェア演算により実現したものが用いられる。すなわち、第20図(a)、第20図(b)

そこで、演算時間の短縮を図って重心位置Xの計算を行なうことのできる処理手段をここでは採用することにする。

まず得られた分離出力G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>を位置座標についてビット反転させて第19図に示すように反転分離出力G<sub>1</sub>'、G<sub>2</sub>'を生成する。

この方法によれば、反転前の分離出力G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>と反転後の分離出力G<sub>1</sub>'、G<sub>2</sub>'との位相差を演算することにより、上記の精度と略同程度の精度で重心位置を求めることができ、この位相差の演算には、公知のオートフォーカス光学系を有する一眼レフレックスカメラに用いられている位相差検出方法の相関方式演算と同様の演算方法によって求めることができる。なお、この演算方式は、内挿演算によりセンサの画素の分解能の数10〜数100分の1の精度で得られることが従来より知られている。

ところで、全く予測のつかない被写体を撮影するのと異なり、この視線方向検出装置46の場合、得られる像のパターンは予測できるものであり、

眼底からの反射光と第1ブルキンエ像PIを形成する反射光とが一次元ラインセンサ53にスポット的に結像されたときには、それぞれ左右対称の分離出力 $G_1'$ 、 $G_2'$ が得られる。そこで、たとえば、第21図に示すように、分離出力 $G_1'$ が単純なパターンの場合には、立上りの位置座標と立ち下がりの位置座標との中心 $O_1$ が略重心位置と予想される。よって、位相差を検出するにあたっては、その中心 $O_1$ の前後のみに関し、演算を行なえば、演算時間の短縮化を図ることができる。

具体的には、一次元ラインセンサ53の出力を $S(n)$ とする。ここで、 $n$ は一次元ラインセンサの光電素子53aの番地を示している。そして、 $n$ 番地と $n+1$ 番地とに着目し、その分離出力の差出力 $E(n)$ を生成する。差 $E(n)$ は、以下の式によって求められる。

$$E(n) = S(n+1) - S(n)$$

このようにして、第21図に示すような微分出力 $B_1$ が得られる。

次に、 $E(n)$ が最大となる座標と最小となる座

標をそれぞれ $t_1$ 、 $t_2$ とすると、重心位置は、略 $(t_1 + t_2) / 2$ にあると予想できる。

そこで、位置座標を反転させたときの反転分離出力を $G_2'$ とし、その差出力 $R(n)$ を生成する。この差出力 $R(n)$ に対応する微分出力 $B_2'$ は実線で示すようなものとなる。ここで、全ビット数 $m$ として、 $m - (t_1 + t_2)$ の前後に対して、 $S(n)$ に対する $R(n)$ の位相差を求めるための相関法演算を行なえば、重心位置を求めることができる。同様にして、 $B_1$ と $B_2'$ との位相差を求めることもできる。

すなわち、 $S(n)$ に対する $R(n)$ の位相差あるいは $B_1$ と $B_2'$ との位相差を $t$ とすると、 $S(n)$ のセンサの中心座標 $O_1'$ からの重心位置は $t/2$ で求めることができる。

このような演算アルゴリズムを用いることにより、高精度の視線方向検出装置を実現できる。

ところで、 $B_1$ と $B_2'$ との位相差を求める方法を採用するのでなければ、 $R(n)$ は $S(n)$ が格納されているメモリのアドレスが対応しているので、

アドレスから逆の順番にデータを読み出せば、 $R(n)$ を生成するためのメモリの領域をつくる必要がなく、メモリの節約を図ることができる。

また、 $E(n)$ の生成についても最大、最小の番地を求めることが目的であり、 $E(n)$ を得ることが目的であるわけではないので、その生成領域も不要である。

ところで、先の例の視線方向検出装置46の光学系は、ペンタプリズム40を境にファイナダルーベ44と反対側に送光系46A、受光系46Bがカメラ本体に組み込まれていたため、送光系46A、受光系46Bを構成する各光学要素の屈折面に基づく反射光が受光系46Bにゴーストとして導かれ、受光系46Bの一次元ラインセンサ53に第1ブルキンエ像PIと共にゴーストが形成され、ゴーストと第1ブルキンエ像PIとの区別をつけがたいという問題点が残存する。

そこで、次に、ゴーストが受光系46Bに極力導かれられないようにしたカメラの視線方向検出装置の光学系を説明する。

第31図～第35図は、そのゴーストが受光系46Bに極力導かれられないようにしたカメラの視線方向検出装置の光学系の説明図であって、第2図に示す光学系の構成要素と同一構成要素については大略同一符号が付されている。

ここでは、送光系46Aは、赤外光を発生する光源48、全反射ミラー149、コリメーターレンズ150を備えている。コリメーターレンズ150はその面Aが非球面である。光源48から出射された赤外光は、全反射ミラー149で反射され、コリメーターレンズ150に導かれる。このコリメーターレンズ150の出射側の面には、絞り151が設けられている。コリメーターレンズ150は光源48から出射された赤外光を平行光束に変換する機能を有する。

ファイナダルーベ44の眼45が臨む側には、送光系46Aの光軸 $L_1$ と受光系 $L_2$ の光軸とを共軸とするための共軸形成用光学部材152が設けられている。この共軸形成用光学部材152は、ここでは、反射面153を有するプリズム154、155によりなる直方体から構成されている。その共軸形成用光学

部材152は、眼45に臨む透過面156と、反射面153を挟んで透過面156と対向する透過面157と、コリメーターレンズ150に臨む透過面157'とを有し、透過面156にはマスク158が設けられている。

ここでは、共軸形成用光学部材152の各透過面における反射に基づくゴーストを避けるために、透過面156、157は光軸 $L_1$ に対してごくわずかに傾けられ、透過面157'は光軸 $L_1$ に対してごくわずかに傾けられている。その各光軸 $L_1$ 、 $L_2$ に対する各透過面156、157、157'の傾き角は、この実施例では、 $1^\circ$ であり、各透過面156、157、157'が同一の傾き角を持っているので、平行平板が挿入された状態と同じになり、傾斜による収差の変化がほとんどない。

反射面153は、ここでは、赤外光半透過かつ可視光透過型である。反射面153が可視光を透過するので、撮影者はビント板42に形成された被写体像を見ることができる。絞り151を通過した平行光束は、反射面153により眼45に向かう方向に反射され、アイポイントに置かれた撮影者の眼45に

投影される。なお、この実施例では、共軸形成用光学部材152として用いてあるが、赤外光半透過かつ可視光透過型のミラーを用いてもよい。

第1ブルキン像PIを形成する角膜後面反射光束と、眼底からの反射光束とは、再び共軸形成用光学部材152に導かれ、その反射面153を通過してファインダールーペ44に導かれる。そのファインダールーペ44は、前記同様にレンズ44a、44bから構成されている。

受光系46Bは、ここでは、コンベンセータブリズム159、縮小レンズ50、全反射ミラー161、再結像レンズ52、一次元ラインセンサ53から構成されている。再結像レンズ52には、第33図に拡大して示すように、前記同様構成のマスク54が一次元ラインセンサ53に臨む面の側に設けられている。

ところで、この例においても、受光系46Bにはディストーションが存在しない方が好ましく、かつ、物体高との関係において、一次元ラインセンサ53上での光量分布は略一様であることが望ましく、以下に記載するように光学系を構成すると、

第34図に示すように、必要とする物体高の範囲内で、一次元ラインセンサ53上での光量分布を略一様にカバーでき、かつ、第35図に示すようにディストーションを $1\mu$ 以下とすることができる。

#### (1) 送光系46Aの設計値

光源48の出射面の曲率半径…無限大

光源48の出射面と全反射ミラー149との光軸間距離…7.7mm

全反射ミラー149とコリメーターレンズ150の面Aとの距離…7.3mm

#### コリメーターレンズ150

面Aの曲率半径…10.00mm

面Bの曲率半径…-28.00mm

屈折率…1.48304

中心厚…4.00mm

マスク151とコリメーターレンズ150の面Bとの光軸間距離…0.00mm

#### マスク151

厚さ…0.04mm

曲率半径…無限大

マスク151と透過面157'との光軸間距離…0.66mm

#### 透過面157'

曲率半径…無限大

光軸 $L_2$ に対する傾き… $1^\circ$

共軸形成用光学部材152の屈折率…1.50871

透過面157'から透過面156までの光軸間距離…12mm

#### 透過面156

曲率半径…無限大

光軸 $L_2$ に対する傾き… $1^\circ$

透過面156から角膜32までの光軸間距離…13mm

角膜32の曲率半径…7.980mm

なお、コリメーターレンズ150の面Aは非球面であり、以下に記載する非球面レンズの結像公式において、

$k = -3.165$ 、 $a_4 = -2.95 \times 10^{-4}$ 、 $a_6 = 0$ として、サグ量 $X$ を求め、設計した。

$$X = (a_4 h^4 + a_6 h^6) + c \cdot h^3 / (1 + \sqrt{1 - (k+1)c^2 h^2})$$

なお、 $c$ はコリメーターレンズ150の面Aの曲率半径の逆数、 $h$ は光軸 $L_2$ からの物高であり、 $k$ は非球面係数である。

#### (2) 受光系46Bの設計値

角膜32の曲率半径…-7.980mm

角膜32から透過面156までの光軸間距離…13mm

透過面156光軸 $L_1$ に対する傾き $\cdots -1^\circ$ 曲率半径 $\cdots$ 無限大共軸形成用光学部材152の屈折率 $\cdots 1.50871$ 透過面156と透過面157との光軸距離 $\cdots 10\text{mm}$ 透過面157光軸 $L_1$ に対する傾き $\cdots -1^\circ$ 曲率半径 $\cdots$ 無限大透過面157からレンズ44aの面Aまでの光軸間距離 $\cdots 0.60\text{mm}$ レンズ44a面Aの曲率半径 $\cdots 115.895\text{mm}$ 中心肉厚 $\cdots 1.2\text{mm}$ 屈折率 $\cdots 1.69747$ 面Bの曲率半径 $\cdots 29.210\text{mm}$ レンズ44b面Bの曲率半径 $\cdots 29.210\text{mm}$ 中心肉厚 $\cdots 4.92\text{mm}$ 屈折率 $\cdots 1.61187$ 面Cの曲率半径 $\cdots -47.880\text{mm}$ 面Cとペンタプリズム40の面Aとの光軸距離 $\cdots 1.00\text{mm}$ 肉厚 $\cdots 2.50\text{mm}$ 面Bの曲率半径 $\cdots -60.140\text{mm}$ 屈折率 $\cdots 1.48304$ 面Bから全反射ミラー161までの光軸間距離 $\cdots 3.00\text{mm}$ 全反射ミラー161の曲率半径 $\cdots$ 無限大全反射ミラー161から再結像レンズ52までの光軸間距離 $\cdots 7.60\text{mm}$ 再結像レンズ52面Aの曲率半径 $\cdots 1.520\text{mm}$ 屈折率 $\cdots 1.48304\text{mm}$ 中心肉厚 $\cdots 1.520\text{mm}$ 面Bの曲率半径 $\cdots$ 無限大面Bからマスク54までの距離 $\cdots 0.00\text{mm}$ マスク54曲率半径 $\cdots$ 無限大厚さ $\cdots 0.04\text{mm}$ 

なお、縮小レンズ50の面Aは、非球面であり、前記式において、 $K = -1.25$ 、 $\alpha_1 = -8 \times 10^{-4}$ 、 $\alpha_2 = -10^{-4}$ として、設計した。

第36図～第38図は、本発明に係るカメラの視線方向検出光学系の第2実施例を説明するための図

ペンタプリズム40面Aの曲率半径 $\cdots$ 無限大屈折率 $\cdots 1.50871$ 面Bの曲率半径 $\cdots$ 無限大光軸 $L_1$ に対する面Bの傾き $\cdots -24^\circ$ 面Aから面Bまでの光軸間距離 $\cdots 28.80\text{mm}$ 面Bとコンベンセータプリズム159の面Aとの光軸間距離 $\cdots 0.14\text{mm}$ コンベンセータプリズム159面Aの曲率半径 $\cdots$ 無限大光軸 $L_1$ に対する面Aの傾き $\cdots -24^\circ$ 面Bの曲率半径 $\cdots$ 無限大面Aと面Bとの光軸間距離 $\cdots 3\text{mm}$ 屈折率 $\cdots 1.50871$ 面Aからマスク159'までの距離 $\cdots 0\text{mm}$ マスク159'厚さ $\cdots 0.04\text{mm}$ 曲率半径 $\cdots$ 無限大マスク159'から縮小レンズ50の面Aまでの光軸間距離 $\cdots 0.10\text{mm}$ 縮小レンズ50面Aの曲率半径 $\cdots 11.716\text{mm}$ 

であって、この実施例は、送光系46Aをペンタプリズム40を挟んでファインダールーベ44と反対側に設け、受光系46Bを共軸形成用光学部材152の透過面157'の側に設けて、光源48から出射された赤外光を、コンベンセータプリズム159、ペンタプリズム40を介して、ファインダールーベ44に導き、このファインダールーベ44により赤外光を平行光束に変換して、眼45に投影すると共に、その眼45の角膜面反射に基づき第1ブルキン像PIを形成する光束と眼底からの反射光とを、共軸形成用光学部材152の反射面153により反射させて、受光系46Bに導く構成としたものであり、その他の光学的構成要素は、第1実施例と大略同一であり、その光学的特性も、第6図、第7図に示すように第1実施例と大略同一であるので、以下にその設計値を記載するとともに、

## (1)送光系46Aの設計値

光源48の出射面の曲率半径 $\cdots$ 無限大光源48の出射面と全反射ミラー149との光軸間距離 $\cdots 17\text{mm}$ 全反射ミラー149の曲率半径 $\cdots$ 無限大



全反射ミラー149とマスク159'との光軸距離…3mm

#### マスク159'

厚さ…0.04mm

曲率半径…無限大

マスク159'とコンベンセータプリズム159の面Bとの距離…0.00mm

#### コンベンセータプリズム159

面Bの曲率半径…無限大

面Aと面Bとの距離…3mm

面Aの曲率半径…無限大

光軸 $\Sigma_1$ に対する面Aの傾き…24°

面Aとペンタプリズム40の面Bとの光軸間距離…0.14mm

#### ペンタプリズム40

面Bの曲率半径…無限大

光軸 $\Sigma_1$ に対する面Bの傾き…24°

屈折率…1.50871

面Aの曲率半径…無限大

面Aから面Bまでの光軸間距離…28.80mm

面Aとレンズ44bの面Cとの光軸間距離…1.00mm

#### レンズ44b

面Cの曲率半径…47.880mm

角膜32の曲率半径…7.980mm

角膜32から透過面156までの光軸間距離…13mm

#### 透過面156

曲率半径…無限大

光軸 $\Sigma_1$ に対する傾き…2°

透過面156から透過面157'までの光軸間距離…12mm

共軸形成用光学部材152の屈折率…1.50871

#### 透過面157'

光軸 $\Sigma_1$ に対する傾き…2°

曲率半径…無限大

透過面157'からマスク151までの光軸間距離…0.66mm

マスク151と縮小レンズ50との間の距離…0.00mm

#### マスク151

曲率半径…無限大

厚さ…0.04mm

#### 縮小レンズ50

面Aの曲率半径…28.00mm

肉厚…4.00mm

面Bの曲率半径…10.00mm

屈折率…1.48304

面Bの曲率半径…29.210mm

中心肉厚…4.92mm

屈折率…1.61187

#### レンズ44a

面Bの曲率半径…29.210mm

面Aの曲率半径…115.895mm

中心肉厚…1.2mm

屈折率…1.69747

面Aと透過面57との光軸間距離…0.60mm

#### 透過面157

曲率半径…無限大

光軸 $\Sigma_1$ に対する傾き…2°

共軸形成用光学部材152の屈折率…1.50871

透過面157から透過面156までの光軸間距離…10mm

#### 透過面156

曲率半径…無限大

光軸 $\Sigma_1$ に対する傾き…2°

透過面156から角膜32までの光軸間距離…13mm

角膜32の曲率半径…7.980mm

(2)受光系46Bの設計値

面Bから全反射ミラー161までの光軸間距離…7.30mm

全反射ミラー161の曲率半径…無限大

全反射ミラー161と再結像レンズ52の面Aとの光軸間距離…5.70mm

#### 再結像レンズ52

面Aの曲率半径…2.00mm

屈折率…1.48304mm

中心肉厚…2.00mm

面Bの曲率半径…無限大

面Bからマスク54までの距離…0.00mm

#### マスク54

曲率半径…無限大

厚さ…0.04mm

なお、縮小レンズ50の面Bは非球面であり、前記式において、 $K = -3.165$ 、 $\alpha_s = 2.95 \times 10^{-4}$ 、 $\alpha_s = 0$ として、設計した。

この視線方向検出装置によれば、受光部にゴーストが生じるのを極力避けることができるという効果を得る。

#### 発明の効果

本発明に係るカメラの視線方向検出装置は、以

上説明したように、

撮影者の眼に平行光束を導く送光系と、

受光部を有しかつその眼の角膜前面反射に基づき第1ブルキンエ像を形成する反射光と眼の眼底からの反射光とを受光する受光系と、

その受光部の受光出力に基づき撮影者の眼の視線方向を検出するための処理回路とがカメラ本体に設けられているので、

カメラを覗く撮影者の眼の視線方向を検出できるという効果を奏する。

また、ファインダーに複数個の合焦ゾーンが設けられているカメラにあっては、その合焦ゾーンに対応するオートフォーカス光学系を自動的に選択して駆動させることができるという効果を奏する。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図～第5図は本発明に係る視線方向検出装置を一眼レフカメラに適用した例を説明するためのもので、

第1図は本発明に係る視線方向検出装置のカメラ

への配置状態を示す説明図、

第2図、第3図はその視線方向検出装置の詳細図、

第4図は第2図、第3図に示す再結像レンズの拡大図、

第5図はその視線方向検出装置の模式図、

第6図は第2図、第3図に示す縮小レンズを非球面としない場合の球面収差のグラフ、

第7図はその第6図に示す球面収差があるときのディストーションのグラフ、

第8図は第2図、第3図に示す縮小レンズを非球面としたときの球面収差のグラフ、

第9図はその第8図に示す球面収差がないときのディストーションのグラフ、

第10図、第11図は本発明に係るカメラの視線方向検出装置と再結像レンズとファインダールーペと撮影者の眼と一次元ラインセンサとの関係を示す模式図、

第12図、第13図は視線方向検出光学系の受光素子としての一次元ラインセンサを用いた場合の不

具合を説明するための模式図、

第14図は、再結像レンズの周辺部における光量減衰を補正するための補正処理手段の説明図、

第15図はその補正処理手段を有する処理回路のブロック図、

第16図は実際に得られた光量分布と一次元ラインセンサとの関係を示す模式図、

第17図、第18図は像分離処理手段の説明図、

第19図～第21図は像分離出力分布の重心位置を求めるための説明用グラフ、

第22図～第24図は本発明に係る視線方向検出装置の検出原理を説明するための説明図であって、

第22図は凸面鏡に平行光束を照射した場合に光点が形成される状態を示す説明図、

第23図は眼の角膜に平行光束を照射した場合に第1ブルキンエ像が形成される状態を示す説明図、

第24図はその第1ブルキンエ像と瞳孔の中心との関係を説明するための眼の拡大図

第25図、第26図はその第1ブルキンエ像と瞳孔の中心とから眼の視線方向を演算して求めるための

説明図、

第27図は一眼レフカメラの改良したオートフォーカス光学系の配置状態を概略的に示す斜視図、

第28図はその一眼レフカメラの撮影レンズをファインダーの中央合焦用ゾーンと光学的に略共役なオートフォーカス光学系の合焦用ゾーンから取った射出瞳と開口領域との関係を説明するための説明図、

第29図はその一眼レフカメラのファインダーの平面図、

第30図は第27図に示す射出瞳がビネッティングを受けた場合にその射出瞳と開口領域との関係を説明するための説明図、

第31図～第35図は本発明に係る視線方向検出装置の光学系のさらに他の例を説明するための図であって、

第31図はその視線方向検出装置の光学系の構成図、

第32図は第31図に示す視線方向検出装置の光学系の要部拡大図、

第33図は第31図に示す再結像レンズの拡大図。  
 第34図、第35図はこの第31図に示す視線方向検出装置の光学系の光学的特性の説明図。  
 第36図～第38図は第31図に示す光学系の他の例を説明するための図であって、  
 第36図はその視線方向検出装置の光学系の要部構成を示す光学図。  
 第37図、第38図はこの第36図に示す光学系の光学的特性の説明図。  
 第39図は従来の一瞬レフカメラのオートフォーカス光学系の概略構成を示す図。  
 第40図は第39図に示すオートフォーカス光学系の配置状態を概略的に示す斜視図。  
 第41図はそのオートフォーカス光学系による合焦を説明するための説明図。  
 第42図はそのオートフォーカス光学系のCCDの検出出力の説明図。  
 第43図は従来の合焦用ゾーンのファインダーへの配置状態を説明するための説明図。  
 第44図はその従来の一瞬レフカメラを用いて所

望の被写体が中央から左右にずれた撮影写真を得る場合の撮影手順を説明するための説明図、である。

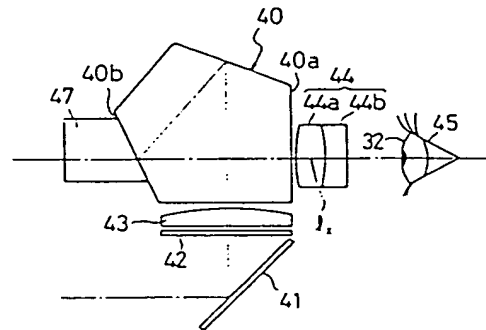
- 9…オートフォーカス光学系、16…ファインダー  
 17…中央合焦用ゾーン  
 18、19…周辺部合焦用オートフォーカス光学系  
 26、27…周辺部合焦用ゾーン  
 28、29…合焦用ゾーン  
 32…角膜、40…ペンタプリズム  
 34…瞳孔の中心  
 44…ファインダールーベ、45…撮影者の眼  
 46…視線方向検出装置  
 46A…送光系、46B…受光系、48…赤外光源  
 50…縮小レンズ、52…再結像レンズ  
 53…一次元ラインセンサ、55…開口  
 58…マイクロコンピュータ  
 152…共輪形成用光学部材  
 156、157…透過面、 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ …光軸  
 53a…光電素子、 $\theta$ …回転角、 $S_0$ …回転中心

PI…第1ブルキンエ像、 $G_1$ 、 $G_2$ …光量分布  
 $H_1$ …補正係数、 $X_1$ 、 $X_2$ …出力  
 $G_1$ …眼底反射光対応出力成分  
 $G_2$ …第1ブルキンエ像形成反射光対応出力成分  
 $G_3$ …眼底反射光対応分離出力  
 $G_4$ …第1ブルキンエ像形成反射光対応分離出力

出願人 旭光学工業 株式会社  
 代理人 井理士 西脇 民雄



第 1 図



第 2 図

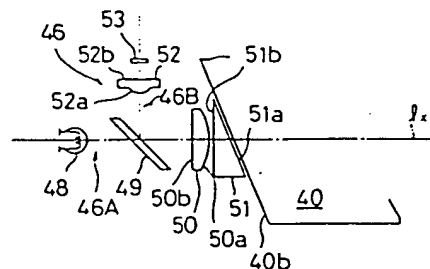
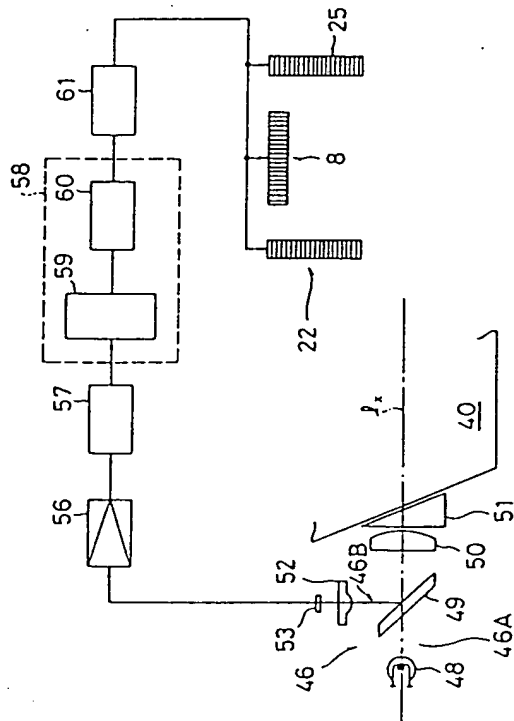
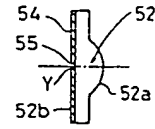


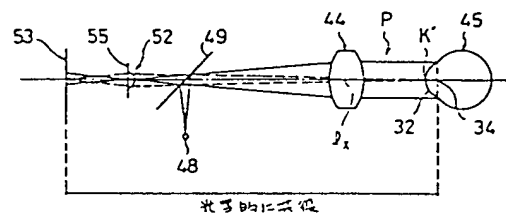
図 3



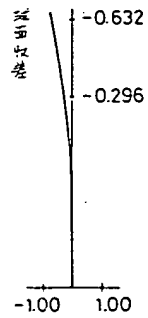
第 4 図



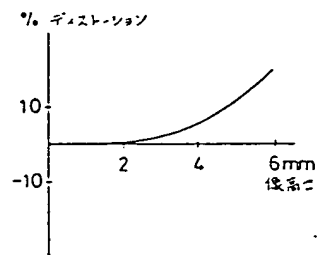
第 5 図



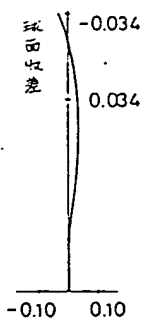
第 6 図



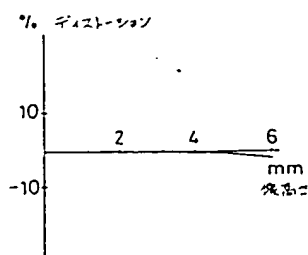
第 7 図



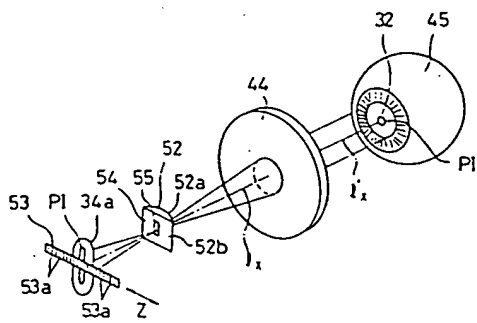
第 8 図



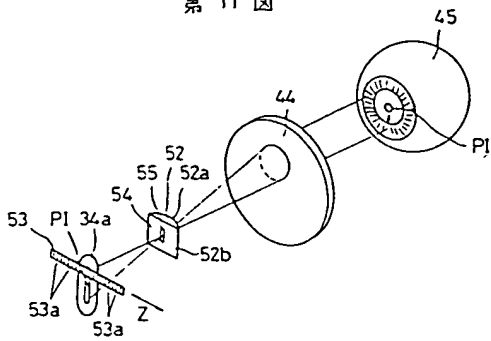
第 9 図



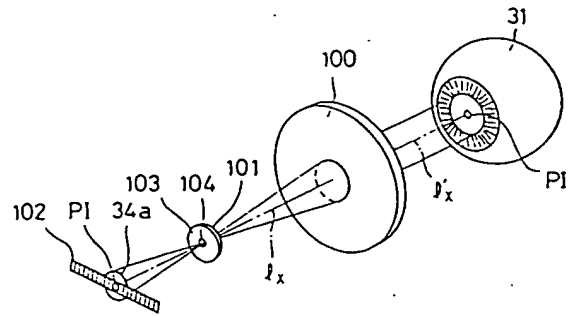
第 10 図



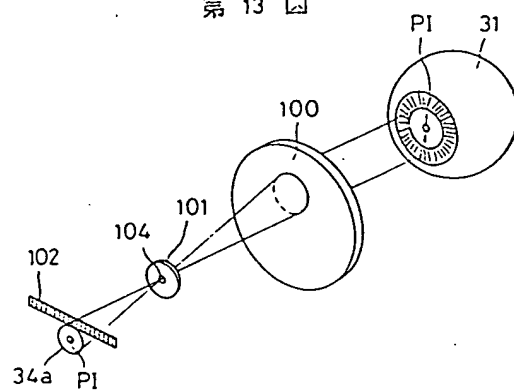
第 11 図



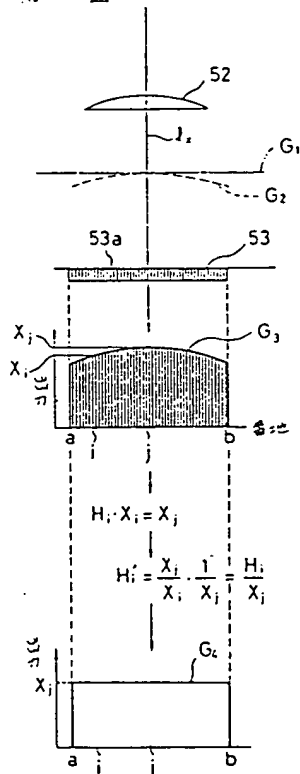
第 12 図



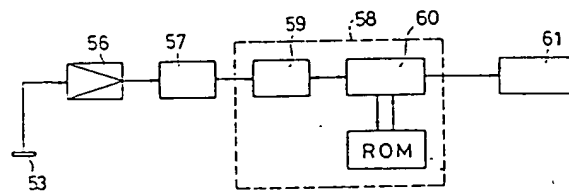
第 13 図



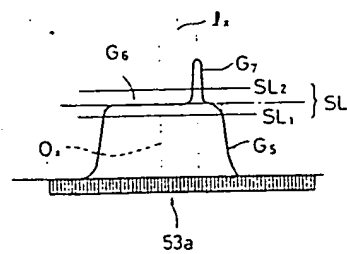
第 14 図

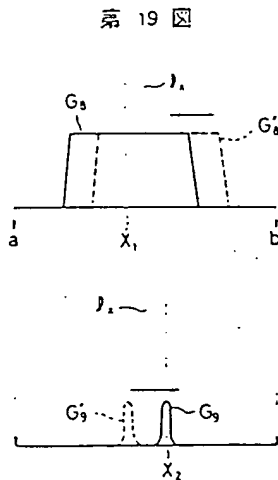
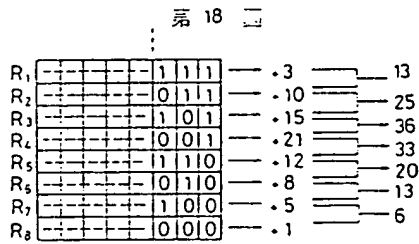
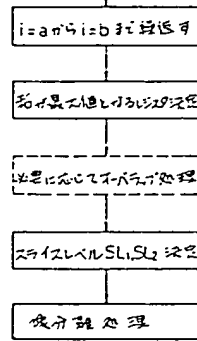
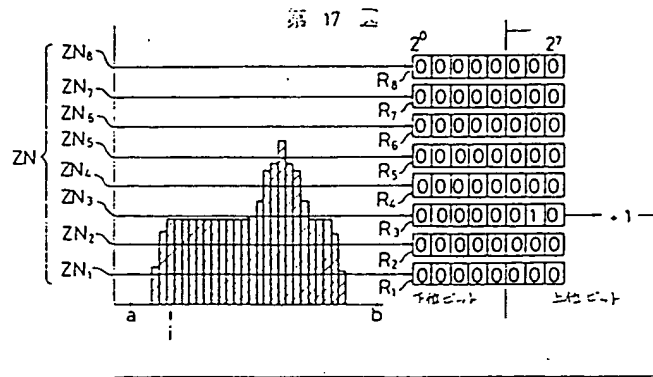


第 15 図

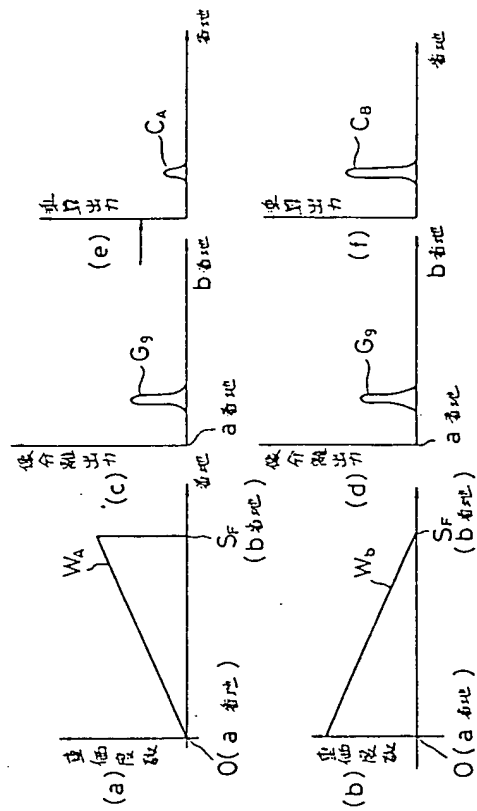


第 16 図

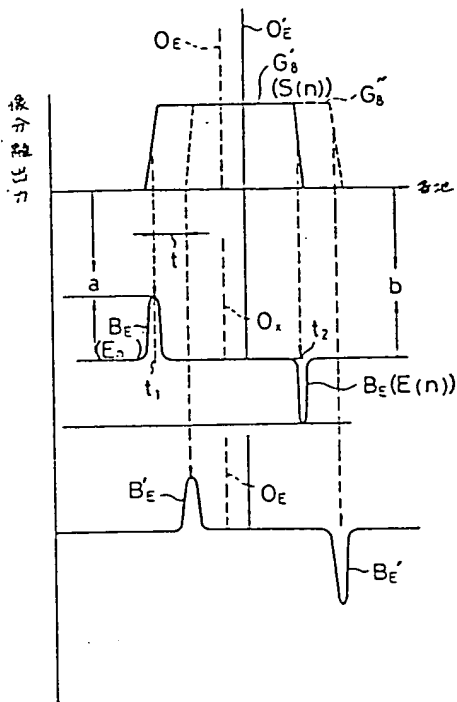




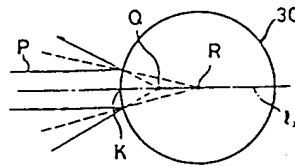
第 20 図



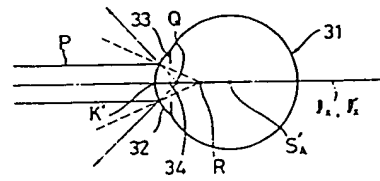
第 21 圖



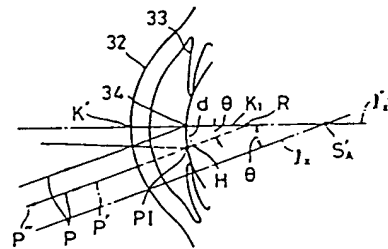
第 22 圖



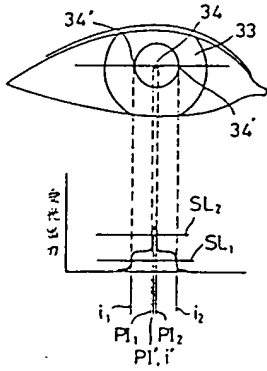
第 23 圖



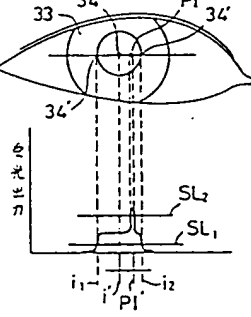
第 24 圖



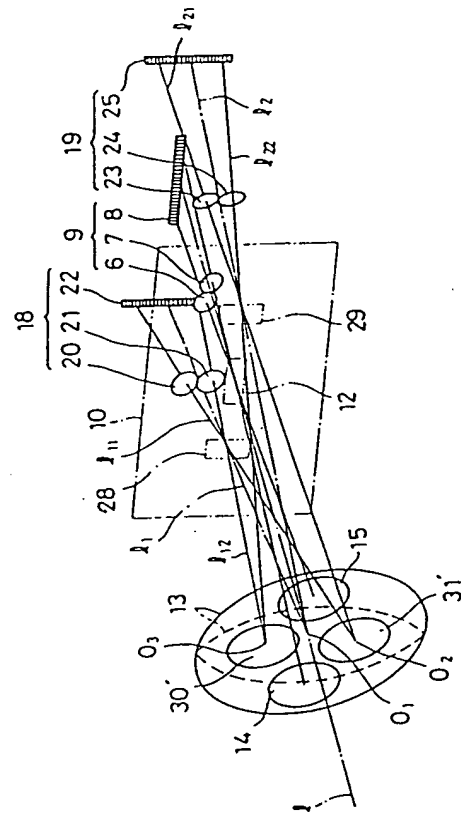
第 25 圖



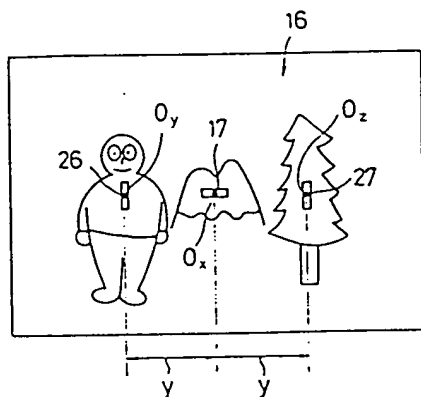
第 26 圖



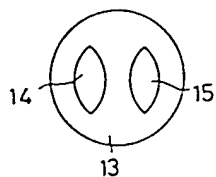
第 27 圖



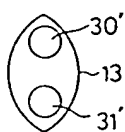
第 29 図



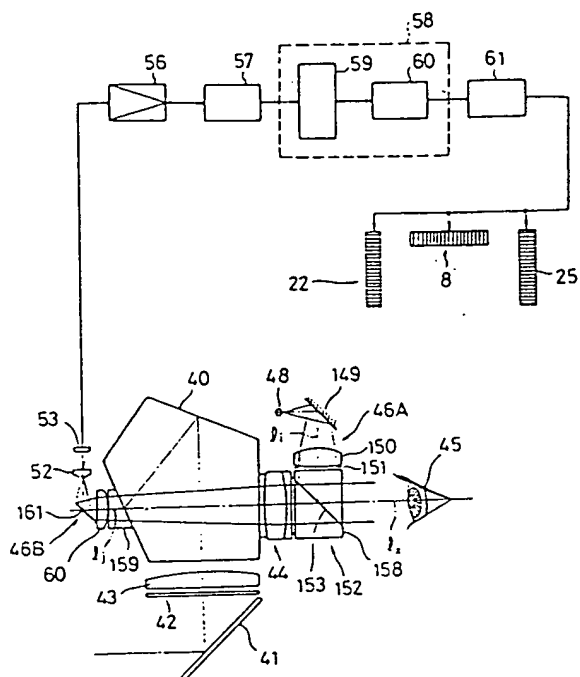
第 28 図



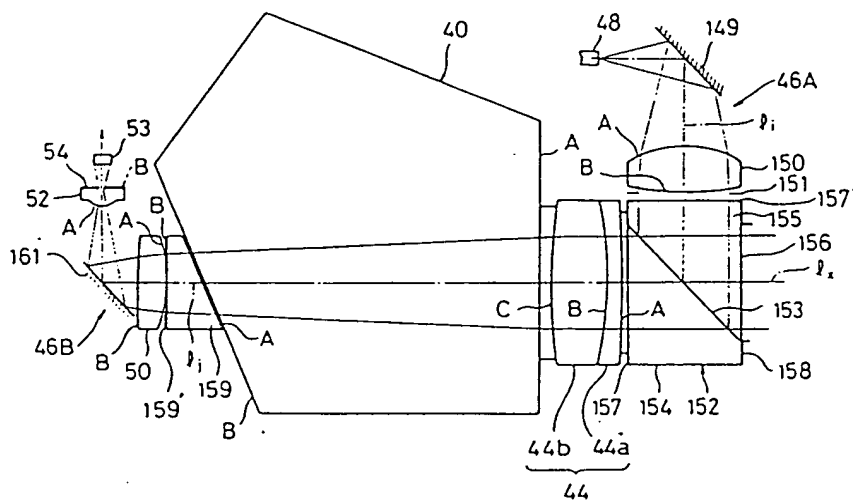
第 30 図



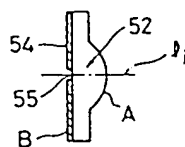
第 31 図



第 32 図

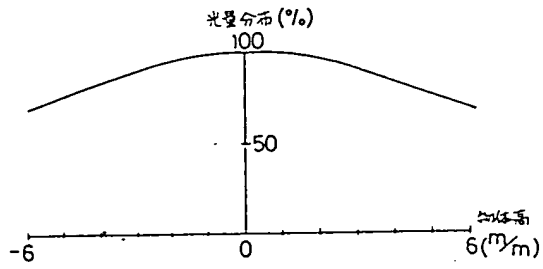


第 33 図

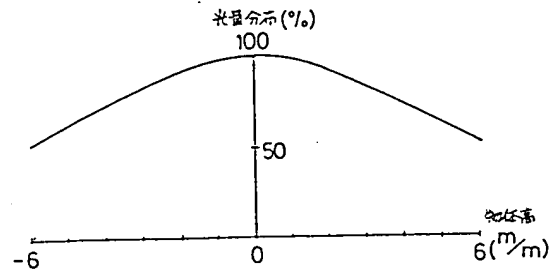




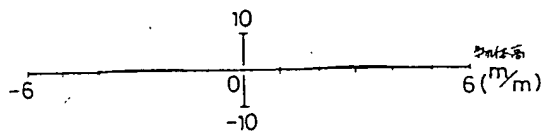
第 34 図



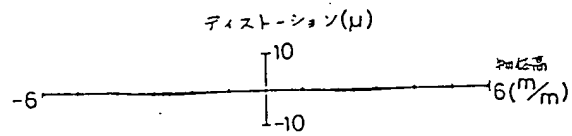
第 37 図



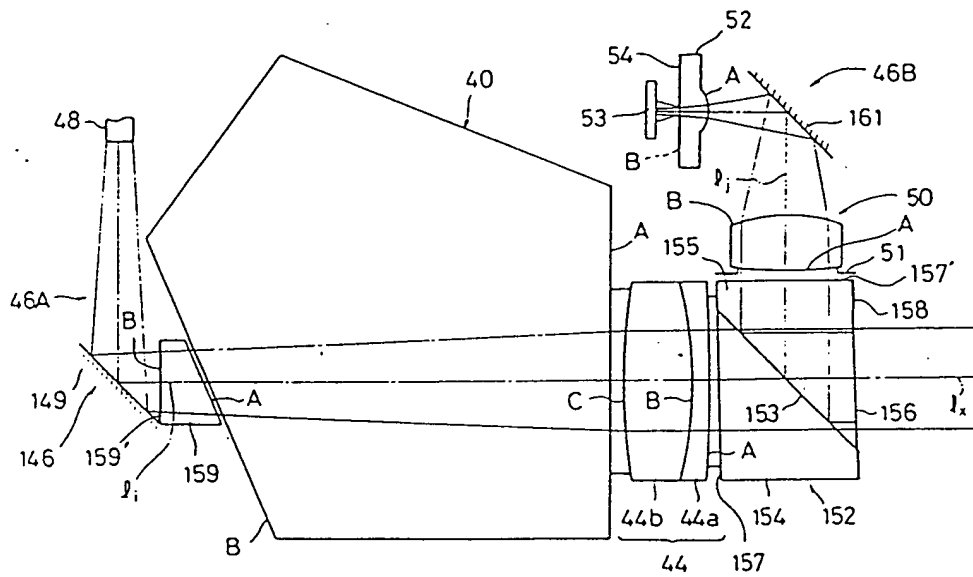
第 35 図



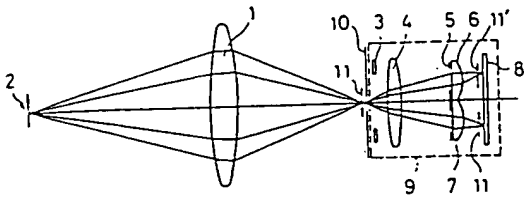
第 38 図



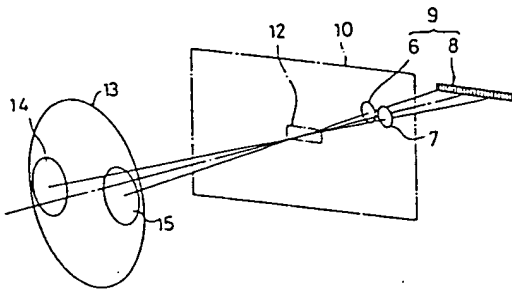
第 36 図



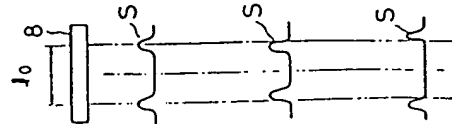
第 39 圖



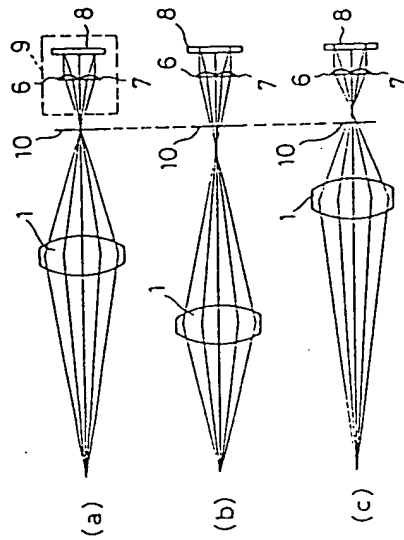
第 40 圖



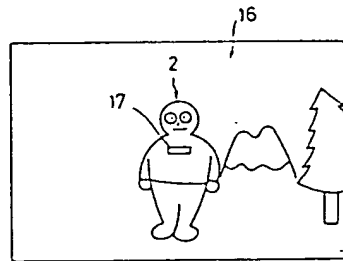
第 42 圖



第 41 圖



第 43 圖



第 44 圖

